

# CONVECCIÓN POR BRISA EN MALLORCA

Jorge González Márquez  
Miguel Ángel Heredia

GPV del CMT en Illes Balears

## RESUMEN

La isla de Mallorca es, por sus características fisiográficas, un escenario ideal para la formación de brisas marinas, especialmente entre los meses de marzo y octubre. En ocasiones, estas brisas actúan como desencadenantes de la convección en el interior de la isla, siendo difícil discriminar a priori la ocurrencia o no del fenómeno así como su intensidad, ya que frecuentemente aparecen en entornos no excesivamente inestables, y además, la escala es pequeña. Se analizará el caso del día 24 de mayo de 2001, que puede considerarse de predicción acertada aunque insuficiente, y se tratará de discutir en ésta Comunicación la utilidad de las herramientas operativas disponibles para el predictor.

## 1. Introducción

Los estudios que se han realizado sobre la brisa en la isla de Mallorca (Jansá J.M, Jaume E., 1946), y (González J., Guijarro J.A., y otros, 1998) han permitido caracterizar a este fenómeno de manera cuantitativa, obteniéndose datos estadísticos interesantes sobre la hora de aparición, máxima intensidad, época del año de mayor frecuencia, etc. De los primeros autores se obtuvo el gráfico que se muestra en la Figura 1, en el que aparecen las líneas de corriente principales de la brisa cuando ésta se halla completamente desarrollada.

A la vista del gráfico, es destacable la amplia zona de convergencia de líneas de corriente que aparece en el centro de la isla y que, como veremos más adelante, es un mecanismo de forzamiento de gran importancia a la hora de desencadenar convección en la isla si el marco general es inestable.

De los autores citados en segundo lugar es el gráfico que se muestra en la Figura 2, que indica la convergencia del viento sobre la isla de Mallorca, y que es el mejor método disponible en la actualidad para verificar en tiempo real la existencia de la brisa, siendo utilizado de manera operativa por el Grupo de Predicción y Vigilancia.

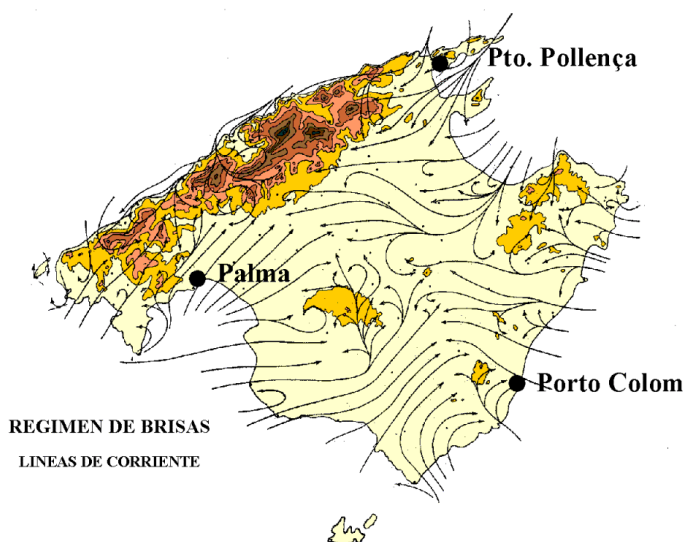


Figura 1: Líneas de corriente y convergencias de la brisa en Mallorca. Localización de las estaciones automáticas que se utilizan para calcular la convergencia del viento.

## 2. Caso del 24-Mayo-2001

El episodio de convección asociada al calentamiento diurno y forzada por la brisa marina del 24-mayo-2001 es un caso bastante típico de este fenómeno, aunque no de excesiva intensidad. En esta ocasión se produjo un chubasco de 24 l/m<sup>2</sup> en una hora y media en la localidad de Porreres, acompañado de tormenta, siendo menores las cantidades registradas en otros observatorios. No obstante, ha habido casos de este tipo en los que se han llegado a recoger cantidades de 70 l/m<sup>2</sup> en una hora (Ej: 04-07-1995 en Vilafranca de Bonany, o 30-08-2001 en Algaida, en ambos casos con gran aparato eléctrico y granizo).

### 2.1 Introducción

En un marco general de gran inestabilidad sobre el archipiélago de las islas Baleares, es relativamente fácil prever la aparición de convección sobre el mismo, centrándose en este caso el esfuerzo del predictor en tratar de localizar temporal y espacialmente los puntos donde aparecerá, así como la intensidad que llegará a alcanzar. Sin embargo, cuando la inestabilidad no es muy grande, fenómenos como la brisa marina de Mallorca son capaces de producir el forzamiento necesario para elevar el aire hasta niveles en los que ascenderá ya libremente. El problema en estos casos para el predictor es que con valores semejantes de inestabilidad, hay ocasiones en las que aparece convección y otros casos en los que no aparece, incluso con una brisa totalmente establecida y con ausencia de inversiones en niveles bajos. Además, una vez que se desarrolla la convección, lo más probable es que haya chubascos de carácter moderado o fuerte, acompañados de aparato eléctrico y a veces de granizo, por lo que la predicción siempre resulta muy comprometida.

### 2.2 Evolución de la situación

El día comenzó con el cielo despejado y con vientos flojos del noroeste. Alrededor de las 07 UTC empezó a desarrollarse la brisa sobre la isla, tal y como aparece reflejado en el gráfico de la Figura 2, tendiendo

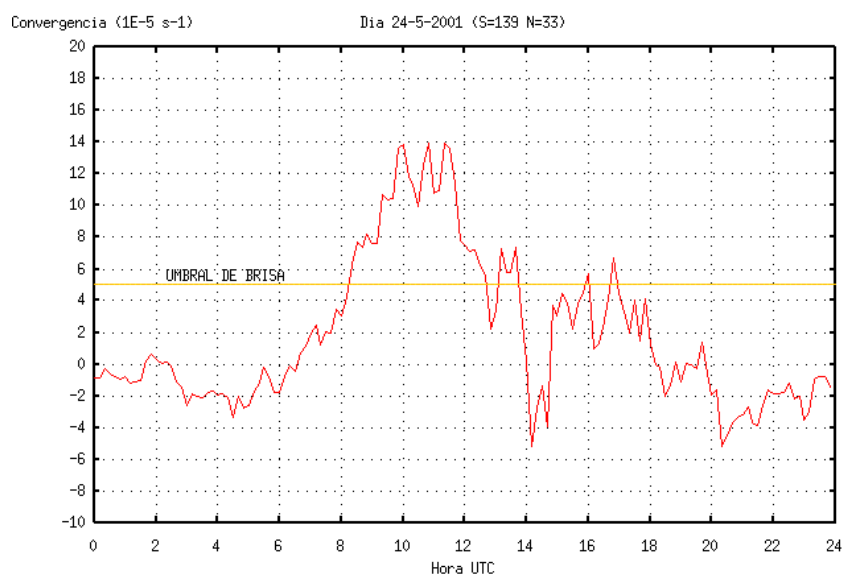


Figura 2: Convergencia del viento sobre Mallorca el día 24-Mayo-2001.

ésta a intensificarse hasta alcanzar valores máximos de convergencia a las 10 UTC. En ese momento aparecieron los primeros núcleos de nubosidad convectiva en el interior de la isla, que una hora después ya se ven claramente reflejados en la imagen visible (Ver Figura 4), con dos focos principales: Uno al norte sobre las localidades de Sta. María y Alaró, y otro en la zona de Llucmajor y Porreres. A las 12 UTC aparecen las primeras descargas eléctricas, casi simultáneamente en los dos núcleos. A partir de este momento, volviendo a la Figura 2, vemos que el valor de la convergencia del viento sobre la isla tiende a disminuir, manteniéndose oscilando entre valores bajos. Ello es debido a la interacción entre los movimientos de aire descendentes del núcleo tormentoso del norte, cuya disipación se produce muy pronto (ver el pico de convergencia mínima a las 13 UTC), y a la atenuación de la brisa al cesar el calentamiento de la isla. Poco antes de este momento es el núcleo tormentoso del sur el que se encuentra en plena madurez, alimentado por un flujo constante de aire húmedo procedente del mar, y posiblemente también por el aire que salió del primer cumulonimbo en su fase de disipación. En la imagen RADAR de

las 12:50 UTC (Ver Figura 3), se aprecia el foco tormentoso del sur en su máxima actividad en cuanto a precipitación, con valores de reflectividad de 50 db, semejantes a los alcanzados por el primer núcleo. La tormenta se disipó hacia las 14 UTC, quedando reflejado este hecho por una disminución drástica en los valores representados en la Figura 2, debido a la divergencia que experimenta el aire descendente del cumulonimbo.

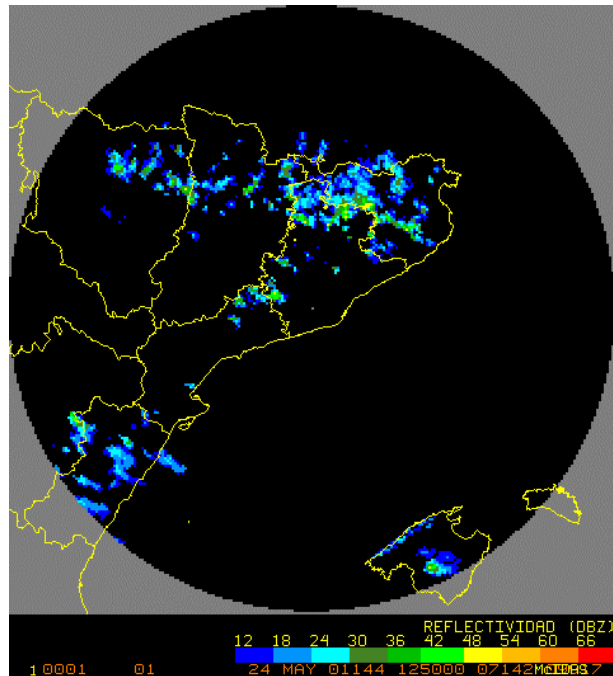


Figura 3: Imagen RADAR del momento de mayor actividad tormentosa.

Observando la imagen visible de la Figura 4, se comprueba que la nube tormentosa sólo consta ya del yunque en disipación, que se ha extendido hacia el sureste siguiendo el flujo general de niveles altos. Una vez desaparecida la nubosidad tormentosa, la brisa vuelve a reforzarse entre las 16 y las 17 UTC al calentarse de nuevo la isla (ver gráfico de convergencia), pero en esta ocasión la convección sólo produjo grandes cúmulos aislados. (En otros casos vuelven a aparecer tormentas, pero siempre de menor intensidad que las primeras).

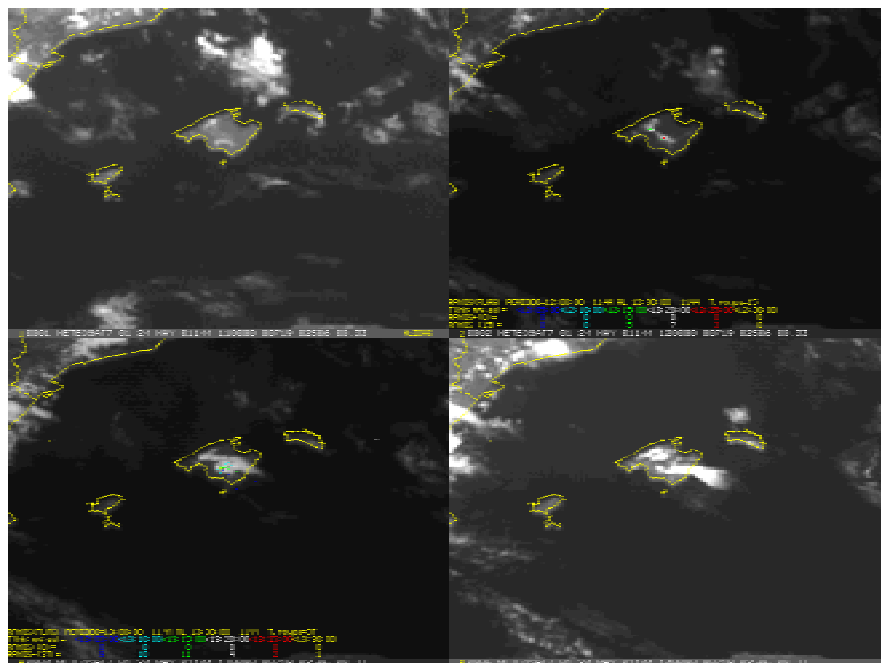


Figura 4: Evolución de las nubes tormentosas entre las 11 y las 14 UTC.

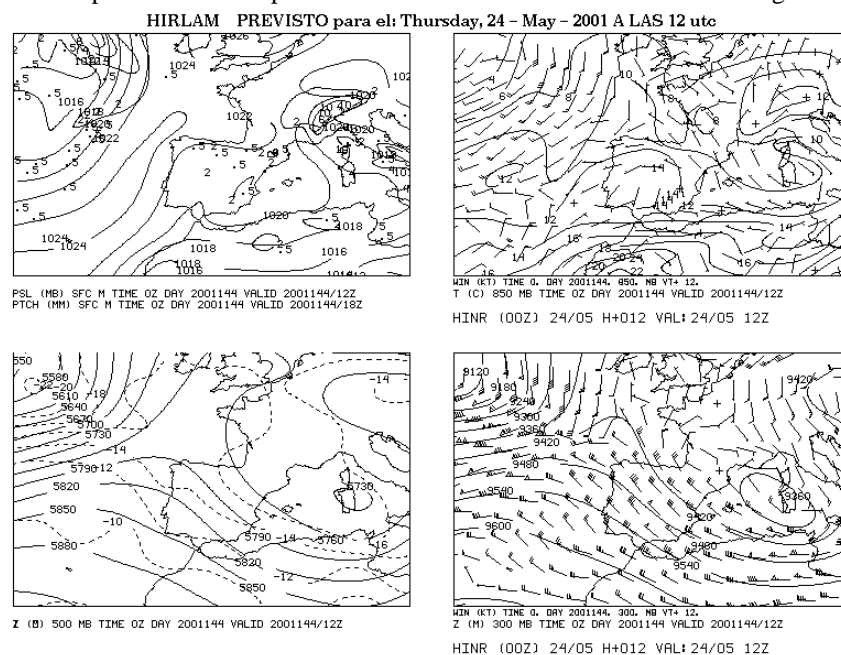
### 3. Predicción del caso

La predicción que se elaboró este día a las 6h de la mañana para Mallorca citaba “Nubosidad de evolución diurna con posibilidad de chubascos débiles dispersos en el interior de la isla en las horas centrales del día”. Es decir, se acertó en el hecho de que aparecería convección en el interior de la isla, pero no se calibró adecuadamente el alcance que tendría en cuanto a intensidad de precipitación y aparición de tormenta, motivado por la enorme incertidumbre que siempre tienen estas situaciones.

Las herramientas de que dispone el predictor básicamente son:

- Paneles de predicción del HIRLAM y del CEP, así como sus campos derivados.
- Sondeos previstos por el HIRLAM.
- Predicción estadística de la precipitación por el método de los Análogos.
- Modelo de brisas del GPV de Baleares.

Los campos previstos por el HIRLAM para este día a las 12 UTC se muestran en la Figura 5.



3

Figura 5 : Campos previstos por el HIRLAM para las 12 UTC.

Puede apreciarse que hay una baja en altura sobre Cerdeña, tanto en 500 como en 300 hPa, cuya influencia se extiende hasta Baleares y Cataluña. Al nivel de 850 hPa no se observa ningún frente ni convergencia de vientos sobre el archipiélago balear, y en el mapa de superficie se aprecia una cuña anticiclónica, sin precipitación prevista sobre la zona. Podría intuirse la posible existencia de precipitaciones consultando los mapas de predicción estadística por el método de los análogos, que para este día estimaron una probabilidad en torno al 40% de precipitación superior a 2 mm en 24 horas, pero una probabilidad de tan sólo el 5% de precipitación superior a 20 mm; de hecho, en las islas de Ibiza-Formentera y en Menorca no hubo precipitación alguna.

A nivel local, el modelo de brisas operativo en el GPV sí preveía brisa en Mallorca, y el sondeo previsto por el HIRLAM (se presenta en la Figura 6 el sondeo real de las 12 UTC), mostraba un perfil ligeramente inestable, con unos índices de inestabilidad en los siguientes valores: Total de Totales=46 ; Lift Index=1 ; K Index=25 ; CAPE=15 J/kg ; es decir, todos ellos prácticamente en la frontera entre lo que podría considerarse estabilidad e inestabilidad. La temperatura de disparo dada por el sondeo era de 23°C, siendo superada en 2°C en la localidad de Porreras, que en estos casos puede reflejar la temperatura alcanzada en todo el interior de la isla. Con todo ello se verifica que la brisa y el calentamiento de la isla fueron los mecanismos de disparo de la convección en este caso.

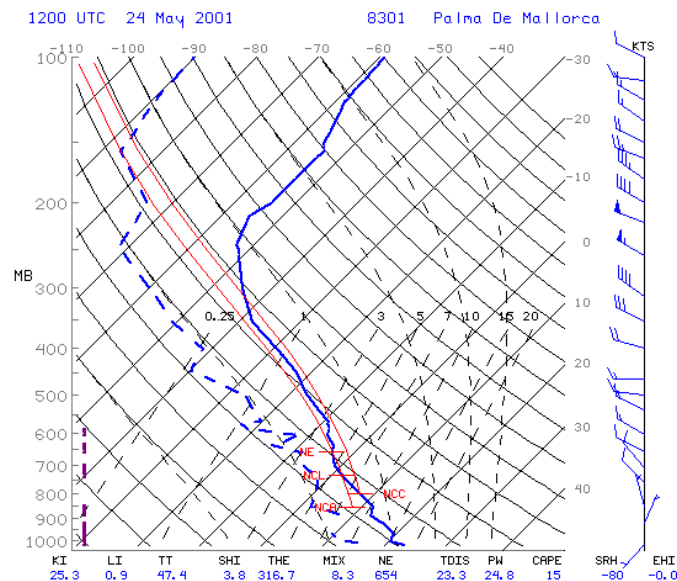


Figura 6 : Sondeo de Palma del día 24-Mayo-2001 a las 12 UTC.

### 3.1 Utilidad de las herramientas disponibles

La mayoría de los casos en los que aparece convección forzada por la brisa en la isla de Mallorca (excepcionalmente puede aparecer convección de este tipo también en Ibiza y en Menorca), se producen con valores de inestabilidad cercanos al límite entre estabilidad-inestabilidad. Consultando las tablas publicadas respecto a los índices, se suele encontrar siempre el valor de “Inestabilidad marginal”. En los casos en que la inestabilidad es muy acusada también puede aparecer convección asociada a la brisa, pero frecuentemente se ve enmascarada por los núcleos convectivos que aparecen continuamente por otros lugares, interfiriendo entre ellos y distorsionando el régimen de líneas de corriente puras asociadas a la brisa. En este sentido, es destacable el hecho de que en más del 80% de las ocasiones en que se produce convección por brisa en Mallorca, es ésta la única forma de convección local que se da en todo el día en el archipiélago balear, de lo cual se deduce que el forzamiento que produce la brisa desde niveles bajos es de gran magnitud, probablemente por el hecho de que las líneas de corriente convergen sobre el mismo lugar durante varias horas. No es extraño por tanto, que puedan aparecer tormentas de este tipo en ambientes teóricamente estables ( $TT=42$ ;  $CAPE=0$ ) (Ej: 31-07-2000). Así pues, los índices de inestabilidad referidos anteriormente son útiles para el predictor, aunque no llegan a delimitar con precisión la posibilidad de que la brisa origine convección. El problema que tienen estos índices en Baleares es que consideran como nivel bajo al nivel de 850 hPa, cuando la realidad es que en el archipiélago puede desencadenarse convección desde niveles inferiores. Sería interesante entonces contar con algún índice de inestabilidad que tuviese en cuenta las capas más bajas de la atmósfera, y que reflejase el empuje que va a ser capaz de desarrollar la brisa. El índice que hasta el momento parece ajustarse más a esta cuestión es el que mide la diferencia entre la temperatura potencial equivalente del nivel de 500 hPa y la de 925 hPa, indicando la existencia de aire inestable si el resultado es negativo. Sin embargo, este índice tiene el problema de que en él a veces no quedan reflejadas las inversiones de niveles bajos, que se ha comprobado que son los principales inhibidores de la brisa, y asimismo, en Mallorca se da el hecho paradójico de que las mayores temperaturas en niveles bajos debido a la radiación solar (y en teoría por tanto, mayores valores de inestabilidad dados por este índice) se producen precisamente cuando no se establece la brisa marina, que tiene un gran peso a la hora de alterar las condiciones de las capas bajas de la atmósfera, por lo que cualquier estudio que se realice sobre esta base puede conducir a resultados contradictorios. Hay que tener en cuenta que a la hora en que se realiza el sondeo (12 UTC), la brisa ya suele estar totalmente establecida y por tanto, las condiciones que el sondeo refleja en las capas bajas no son las mismas que había una o dos horas antes, momento en el que suele desencadenarse la convección.

En resumen por tanto, para predecir la aparición de convección originada por la brisa en el GPV de Baleares actualmente se consultan en primer lugar los modelos numéricos del HIRLAM y el CEP para evaluar si el marco general a escala sinóptica es favorable para la formación de la brisa, completándose esta información con los resultados obtenidos por el modelo de brisas. En este sentido hay que señalar

que una de las variables de entrada que requiere este modelo es la inestabilidad prevista en las capas bajas de la atmósfera (por debajo de 900 hPa), que debe obtenerse a partir de los sondeos previstos, buscando fundamentalmente la presencia de inversiones a esos niveles. Una vez verificada la probable aparición de la brisa, los índices de inestabilidad citados anteriormente indican, con las limitaciones ya mencionadas, la posible aparición de convección en la isla. Se pueden establecer los siguientes límites para los índices, a partir de los cuales la aparición de convección parece lo más probable:  $TT > 45$ ,  $CAPE > 0$ , y  $LI < 0$ . La inestabilidad de la capa baja y la fuerza que pueden tener las inversiones para inhibir la formación de la brisa se evalúa mediante la temperatura de disparo, que debe compararse con la temperatura prevista en los lugares del interior de la isla.

No obstante, la predicción de la convección sigue siendo difícil dado que el propio margen de error que llevan asociados los modelos y los sondeos previstos muchas veces es superior al margen exigible para poder realizar el pronóstico de un fenómeno a escala tan pequeña.

#### **4. Conclusiones**

-La brisa marina de Mallorca es un mecanismo de forzamiento de niveles bajos de gran importancia a la hora de desencadenar convección en el interior de la isla.

-El aporte constante de aire procedente del mar y la localización prolongada de la convergencia del flujo de aire sobre el mismo lugar parecen explicar la fuerte intensidad que tienen los chubascos originados en estas situaciones.

-Las herramientas disponibles por el Grupo de Predicción y Vigilancia resultan aún insuficientes para pronosticar con cierta precisión un fenómeno de escala tan pequeña, así como su intensidad.

#### **Referencias**

Jansá J.M., Jaume E., 1946: El régimen de brisas en la isla de Mallorca. *Revista de Geofísica*, 19, 304-328.

Ramis C., Jansá A., y otros, 1990: Sea Breeze in Mallorca. A Numerical Study. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 42, 249-258.

González J., Guijarro J.A., y otros, 1998: Caracterización de la brisa en Mallorca. Comunicación a la IX Asamblea de Geodesia y Geofísica (Almería 9-13 Febrero), 347...